

УДК 666.972.16

Тип статьи: научная статья

ГРНТИ 67.09.51

Научная специальность ВАК: 2.1.05 Строительные материалы и изделия (технические науки)

EDN ssembk

DOI 10.62980/2076-0655-2025-146-155

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ

Низина Т.А., Володин В.В., Матякубов Ха., Матякубов Ху.

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты анализа влияния комплексных органоминеральных добавок (ОМД) на физико-механические показатели мелкозернистого бетона. В состав ОМД входили: обожжённая в течение 2 часов при температуре 700°C полиминеральная глина Никитского месторождения Республики Мордовия (МД), эфиры поликарбоксилатов SINTEFLOW МЕГА 52 и смесевая композиция на основе изопропаноламинов ESP800 производства ООО «Синтез Ока – строительная химия». В качестве варьируемых факторов исследовались: длительность помола полиминеральной глины (2-4 часа), содержание эфира поликарбоксилатов (0,15-0,35% от массы МД) и смесевой композиции на основе изопропаноламинов (0,1-0,25% от массы МД). Выявлены комплексы ОМД, использование которых в составах мелкозернистых цементных бетонов позволяет получать композиты с прочностными показателями, не уступающими бездобавочному бетону. Показано, что за счет введения в состав ОМД помимо минеральных добавок на основе обожжённого глинистого сырья (20% от массы цемента) эфира поликарбоксилатов SINTEFLOW МЕГА 52 и смесевой композиции на основе изопропаноламинов ESP800 возможно повышение предела прочности на растяжение при изгибе, предела прочности и модуля упругости при сжатии мелкозернистых цементных бетонов соответственно, до 11, 30 и 40%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мелкозернистый бетон, органоминеральная добавка, обожжённая глина, эфиры поликарбоксилатов, смесевые композиции на основе изопропаноламинов

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Низина Т.А. Анализ влияния комплексных органоминеральных добавок на физико-механические показатели модифицированных мелкозернистых бетонов // Т.А. Низина, В.В. Володин, Ха. Матякубов, Ху. Матякубов // Техника и технология силикатов. – 2025. – Т. 32, № 2. – С. 146-155. DOI 10.62980/2076-0655-2025-146-155, EDN ssembk

Type of article - scientific article

OECD 2.01 Civil engineering

FA CONSTRUCTION & BUILDING TECHNOLOGY

EDN ssembk

DOI 10.62980/2076-0655-2025-146-155

ANALYZING THE INFLUENCE OF COMPLEX ORGANOMINERAL ADDITIVES ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PARAMETERS OF MODIFIED FINE-GRAINED CONCRETE

Nizina T.A., Volodin V.V., Matyakubov Ha., Matyakubov Hu.

National Research Ogarev Mordovia State University

ABSTRACT

The results of analyzing the effect of complex organomineral additives (OMA) on physical and mechanical properties of fine-grained concrete were presented. The OMA composition included: poly-mineral clay of Nikitskoy clay deposit of the Republic of Mordovia (MA), fired for 2 hours at 700°C, polycarboxylates ester SINTEFLOW MEGA 52 and a mixture composition based on isopropanolamines ESP800 produced by “Syntez Oka - Construction Chemistry” LLC. The following factors were investigated as varying factors: grinding duration of polymineral clay (2-4 hours), polycarboxylates ester content (0.15-0.35% by mass of MA) and isopropanolamines-based blending composition (0.1-0.25% by mass of MA). OMA complexes have been identified, the use of which in the compositions of fine-grained cement concretes makes it possible to obtain composites with strength characteristics not inferior to additive-free concrete. It is shown that due to the introduction of polycarboxylates ester SINTEFLOW MEGA 52 and mixture composition based on isopropanolamines ESP800 in addition to mineral additives on the basis of fired clay raw materials (20% by mass of cement) into the OMA composition, it is possible to increase the tensile strength in bending, strength and modulus of elasticity in compression of fine-grained cement concrete up to 11, 30 and 40%, respectively.

KEY WORDS: fine-grained concrete, organomineral additive, fired clay, polycarboxylates ester, isopropanolamine-based blended compositions

FOR CITATION: Nizina T.A. Analyzing the influence of complex organomineral additives on the physical and mechanical parameters of modified fine-grained concrete / T.A. Nizina, V.V. Volodin, Ha. Matyakubov, Hu. Matyakubov // Technique and technology of silicates. – 2025. Vol. – 32, No-2. – Pp. 146 – 155. DOI 10.62980/2076-0655-2025-146-155, EDN ssembk

ВВЕДЕНИЕ

Современное строительство предъявляет высокие требования к качеству, долговечности и экономической эффективности используемых строительных материалов. В этих условиях растёт интерес к разработке модифицированных бетонов, содержащих комплексные наполнители на основе минеральных и химических добавок [1 – 3]. Традиционные методы улучшения свойств бетонов, в частности, применение минеральных наполнителей и разнообразных пластифицирующих добавок уже показали свою эффективность. В последние годы особое внимание уделяется комбинированию различных видов добавок, что позволяет существенно расширить их функциональные возможности [4, 5].

Одним из перспективных направлений снижения себестоимости и повышения свойств цементных бетонов является использование органоминеральных добавок (ОМД), которые представляют собой композиции на основе минеральных наполнителей и химических компонентов [6]. Использование ОМД позволяет получить синергетический эффект, который обеспечивает более высокие эксплуатационные характеристики бетонов при одновременном снижении расхода цемента в их составе по сравнению с традиционными материалами [7, 8].

Номенклатура минеральных модификаторов включает весьма широкий перечень материалов природного, искусственного и техногенного происхождения [8]. Однако их объёмы не удовлетворяют имеющийся спрос при производстве строительных материалов на основе цементных бетонов, в связи с чем в настоящее время идут активные исследования по получению минеральных добавок обжигом широко распространённых глинистых пород [9-19]. Известно загущающее действие значительного числа минеральных добавок на цементные системы, что требует использования супер- и гиперпластификаторов, наибольшую популярность среди которых в последние годы приобрели добавки на основе поликарбоксилатов, в основном импортного производства.

В последние годы на российском рынке появились эффективные водоредукторы, представляющие собой эфиры поликарбоксилатов – водорастворимые сополимеры акриловой (метакриловой) кислоты различной молекулярной структуры, выпускаемые как в жидком виде, так и в сухом. Учитывая, что синтез эфиров поликарбоксилатов осуществляется в виде водных растворов с массовой долей активного вещества от 40 до 60%, а получение сухих порошков связано с дополнительными энергозатратами и, как следствие, повышением их стоимости, то и возможность их использования в виде растворов наиболее целесообразно, особенно в составе комплексных добавок на основе глинистых пород. При этом помол глинистого сырья для получения активных минеральных добавок целесообразно осуществлять совместно с другими компонентами ОМД, в том числе интенсификаторами помола, что позволит повысить их эффективность при введении в состав цементных бетонов.

Целью данного исследования является изучение влияния комплексных органоминеральных добавок, получаемых на основе обожженного глинистого сырья, эфиров поликарбоксилата и изопропанолamines на

INTRODUCTION

Modern construction imposes high demands on the quality, durability, and economic efficiency of the construction materials used. In this context, there is a growing interest in the development of modified concretes that contain composite fillers based on mineral and chemical additives [1 – 3]. Traditional methods for improving the properties of concrete, particularly the use of mineral fillers and various plasticizing additives, have already demonstrated their effectiveness. In recent years, special attention has been given to the combination of different types of additives, which allows for a significant expansion of their functional capabilities [4, 5].

One of the promising approaches to reducing the cost and enhancing the properties of cement concrete is the use of organomineral additives (OMA), which are compositions based on mineral fillers and chemical components. [6]. The use of OMA allows for the achievement of a synergistic effect, which ensures higher performance characteristics of concrete while simultaneously reducing the cement consumption in their composition compared to traditional materials [7, 8].

The nomenclature of mineral modifiers includes a very wide range of materials of natural, artificial and man-made origin [8]. However, their volumes do not satisfy the existing demand in the production of construction materials based on cement concrete, in this regard, currently there are active researches on obtaining mineral additives by firing of widespread clay rocks [9-19]. The thickening effect of a significant number of mineral additives on cement systems is known, which requires the use of super- and hyperplasticizers, among which polycarboxylates-based additives, mainly imported, have become the most popular in recent years.

In recent years, effective water-reducing agents have emerged on the Russian market, comprising polycarboxylates ethers – water-soluble copolymers of acrylic (methacrylic) acid with various molecular structures, available in both liquid and dry forms. Considering that the synthesis of polycarboxylates ether is carried out in the form of aqueous solutions with an active substance content ranging from 40 to 60%, and that the production of dry powders is associated with additional energy costs and, consequently, an increase in their price, the use of these substances in solution form is the most practical, especially as part of complex additives based on clay minerals. Moreover, it is advisable to grind the clay raw materials for the production of active mineral additives together with other components of the mineral additives, including grinding intensifiers, as this will enhance their effectiveness when incorporated into cement concrete formulations

The aim of the presented study is to investigate the influence of complex organomineral additives, obtained from calcined clay raw materials, polycarboxylates ether and isopropanolamines on the elastic-strength characteristics of fine-grained concrete.

упруго-прочностные характеристики мелкозернистых бетонов.

Материалы и методы

Исследования проводились на мелкозернистом бетоне, состоящем из модифицированного вяжущего и песка в соотношении 1:3 по массе. Водовязущее отношение исследуемых составов подбиралось до обеспечения равноподвижных смесей, обладающих расплывом из конуса Хегерманна 130 мм. Модифицированное цементное вяжущее состояло из 80% портландцемента (ЦЕМ I 42,5 Н производства АО «ВолгаЦемент») и 20% органоминеральной добавки.

Исследуемые ОМД изготавливались совместным помолом следующих компонентов:

– полиминеральная глина Никитского месторождения Республики Мордовия, измельченная до фракции не более 2,5 мм и обожженная при температуре 700 °С в течение 2 часов (МД);

– эфиры поликарбоксилатов SINTEFLOW МЕГА 52 производства ООО «Синтез Ока – строительная химия» (водоредуктор на основе жидких водорастворимых полимеров);

– смесевая композиция на основе изопропаноламинов ESP800 производства ООО «Синтез Ока – строительная химия» (интенсификатор помола, ускоритель твердения).

Планирование экспериментального исследования осуществлялось при варьировании следующих факторов (табл. 1):

- длительность помола компонентов ОМД – 2-4 часа (x_1);
- содержание SINTEFLOW МЕГА 52 в составе ОМД – 0,15-0,35% от массы МД (x_2);
- концентрация ESP800 в составе ОМД – 0,1-0,25% от массы МД (x_3).

Матрица планирования содержала 19 экспериментальных точек (см. табл. 2), из которых составы 1-15 представляют собой основной блок матрицы исследования, состав 16 – мелкозернистый немодифицированный бетон, составы 17-19 – контрольные композиции мелкозернистого бетона с 20%-ной концентрацией обожженной по вышеуказанному режиму глины, подвергнутой помолу в течение 2, 3 и 4 часов соответственно. В процессе экспериментального исследования оценивались: предел прочности на растяжение при изгибе, предел прочности и модуль упругости при сжатии мелкозернистых цементных бетонов.

Materials and methods

The researches were carried out on fine-grained concrete consisting of modified binder and sand in the ratio of 1:3 by mass. The water-to-binder ratio of the studied compositions was selected to ensure that the mixtures had equal consistency, achieving a spread of 130 mm in the Hegermann cone test. The modified cement binder consisted of 80% Portland cement (CEM I 42.5 N produced by VolgaCement JSC) and 20% organomineral additive.

The studied organomineral additives (OMA) were produced by joint grinding of the following components:

- polymineral clay from the Nikitskoye deposit in the Republic of Mordovia, ground to a fraction of no more than 2.5 mm and fired at a temperature of 700 °C for 2 hours (MA);
- polycarboxylates ether SINTEFLOW MEGA 52, produced by LLC "Sintez Oka - Construction Chemistry" (water-reducing agent based on liquid water-soluble polymers);
- a mixed composition based on isopropanolamines ESP800, produced by LLC "Sintez Oka - Construction Chemistry" (grinding intensifier, hardening accelerator).

The planning of the experimental research was carried out by varying the following factors (Table 1):

- Grinding duration of OMA components - 2-4 hours (x_1);
- SINTEFLOW MEGA 52 content in OMA - 0.15-0.35% by mass of MA (x_2);
- ESP800 concentration in the OMA composition - 0.1-0.25% by mass of MA (x_3).

The planning matrix contained 19 experimental points (see Table 2), of which compositions 1-15 represent the main block of the study matrix, composition 16 - fine-grained unmodified concrete, compositions 17-19 - control compositions of fine-grained concrete with 20% concentration of clay fired according to the above regime, subjected to grinding for 2, 3 and 4 hours, respectively. In the process of experimental study the following were evaluated: tensile strength in bending, tensile strength and modulus of elasticity in compression of fine-grained cement concrete.

ТАБЛИЦА 1 ИССЛЕДУЕМЫЕ ФАКТОРЫ И УРОВНИ ИХ ВАРЬИРОВАНИЯ
Table 1 Investigated factors and levels of variation

| Уровни варьирования в кодированных величинах Levels of variation in coded values | Варьируемые факторы Varying factors | | |
|---|--|--|--|
| | Длительность помола ОМД, час. Grinding duration of OMA, hours | Содержание SINTEFLOW МЕГА 52, % от массы МД Content of SINTEFLOW MEGA 52, % by mass of MA | Содержание ESP800, % от массы МД Content of ESP800, % by mass of MA |
| -1 | 2 | 0,015 | 0,1 |
| 0 | 3 | 0,25 | 0,175 |
| +1 | 4 | 0,35 | 0,25 |

ТАБЛИЦА 2 МАТРИЦА ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
Table 2 Planning matrix of experimental research

| № Состава Compositio n number | В кодирован- ных значениях In coded values | | | В реальных значениях In actual values | | | |
|---|---|------------------------|-------|---|--|---|-------|
| | x_1 | x_2 | x_3 | Длительность помола ОМД, час. Grinding dura- tion of OMA , hours | Содержание SINTEFLOW МЕГА 52, % от массы МД Content of SINTEFLOW MEGA 52, % by mass of MA | Содержание ESP800, % от массы МД Content of ESP800, % by mass of MA | |
| Составы основного блока Components of the main block | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 0,35 | 0,25 |
| | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 0,35 | 0,1 |
| | 3 | 1 | -1 | 1 | 4 | 0,15 | 0,25 |
| | 4 | 1 | -1 | 1 | 4 | 0,15 | 0,1 |
| | 5 | -1 | 1 | -1 | 2 | 0,35 | 0,25 |
| | 6 | -1 | 1 | -1 | 2 | 0,35 | 0,1 |
| | 7 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0,15 | 0,25 |
| | 8 | -1 | -1 | -1 | 2 | 0,15 | 0,1 |
| | 9 | -1 | 0 | -1 | 2 | 0,25 | 0,175 |
| | 10 | 1 | 0 | 1 | 4 | 0,25 | 0,175 |
| | 11 | 0 | -1 | 0 | 3 | 0,15 | 0,175 |
| | 12 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0,35 | 0,175 |
| | 13 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0,25 | 0,1 |
| | 14 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0,25 | 0,25 |
| | 15 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0,25 | 0,175 |
| Контрольные Control | 16 | Без ОМД Without OMA | | | | | |
| | 17 | -1 | | | 2 | - | - |
| | 18 | 0 | - | - | 3 | | |
| | 19 | +1 | | | 4 | | |

Результаты исследования

Учитывая комплексное влияние как трех варьируемых факторов (длительность совместного помола компонентов ОМД, содержание в составе ОМД эфира поликарбоксилатов SINTEFLOW МЕГА 52 и смеси композиции на основе изопропаноламинов ESP800), так и водовязущего (В/Ц+ОМД) отношения на изменение свойств модифицированных мелкозернистых бетонов, проведем анализ корреляционных зависимостей, представленных на рисунке 1. Выявлено закономерное снижение упруго-прочностных показателей исследуемых бетонов при сжатии с увеличением (В/Ц+ОМД) отношения от 0,7 до 0,73 отн. ед. При этом наблюдается комплексное влияние варьируемых факторов x_1 , x_2 и x_3 на изменение свойств модифицированных мелкозернистых бетонов.

Проведем анализ упруго-прочностных показателей немодифицированного мелкозернистого бетона №16 (см. рисунок 1) по сравнению с композитами №№1-15, в которых произведена замена 20% цемента обожженной глиной. Исходя из полученных данных подтверждена

Research results

Considering the complex influence of three varying factors (joint grinding duratin of OMA components, Content of SINTEFLOW MEGA 52 polycarboxylates ether in the composition of OMA, and the mixed composition based on isopropanolamines ESP800), as well as the water-to-binder (W/C + OMA) ratio on the changing properties of modified fine-grained concrete, we will conduct an analysis of the correlation dependencies presented in Figure 1. A consistent decrease in the elastic-strength characteristics of the studied concretes under compression has been identified with an increase in the water-to-binder (W/C + OMA) ratio from 0.7 to 0.73 relative units. At the same time, there is a complex influence of the varying factors x_1 , x_2 and x_3 on the change in properties of the modified fine-grained concretes.

Let's analyze the elastic-strength characteristics of unmodified fine-grained concrete No. 16 (see Figure 1) compared to composites No. 1-15, in which 20% of the cement has been replaced with fired clay. Based on the obtained data, the possibility of producing fine-grained concrete mixtures

возможность получения при использовании комплексных ОМД составов мелкозернистых бетонов, прочностные композиты на основе которых достигают уровня бездобавочного бетона. В частности, наиболее высоким комплексом свойств характеризуются бетоны составов №9 и №15 (см. таблицу 2), получаемых при концентрации SINTEFLOW МЕГА 52 0,25% и ESP800 0,175%. Длительность помола компонентов ОМД, соответственно, для вышеуказанных смесей составляет 2 и 3 часа.

using complex composite mineral additives has been confirmed, with the strength of the composites reaching the level of conventional concrete without additives. In particular, the concrete compositions No. 9 and No. 15 (see Table 2) exhibit the highest combination of properties, achieved with a concentration of 0.25% SINTEFLOW MEGA 52 and 0.175% ESP800. Grinding durations of the OMA components are 2 and 3 hours, respectively, for the above mixtures.

РИСУНОК 1

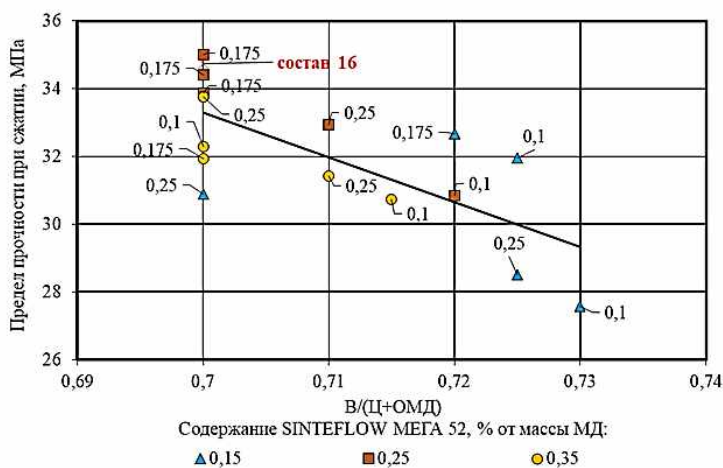
КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ SINTEFLOW МЕГА 52 В СОСТАВЕ ОМД

а – предел прочности при сжатии;
 б – модуль упругости при сжатии и $W/(Ц+ОМД)$ отношение
 (выносками обозначены концентрации ESP800, % от массы МД)

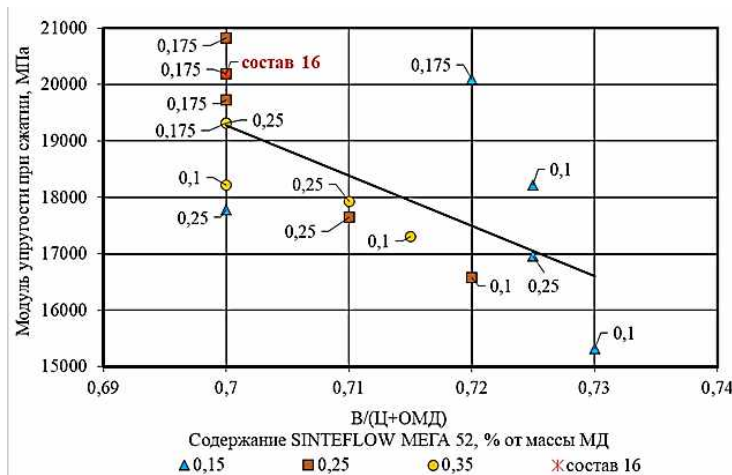
Figure 1

Correlation dependencies between elastic-strength characteristics of modified fine-grained concrete at different concentrations of SINTEFLOW MEGA 52 in the OMA composition

а – compressive strength limit;
 б – compressive elastic modulus and the $W/(C+OMA)$ ratio
 (callouts indicate concentrations of ESP800, % by mass of the MA)



а (a)



б (b)

Для оценки эффективности влияния различных комплексов SINTEFLOW МЕГА 52 и ESP800 на изменение свойств мелкозернистых бетонов, содержащих 20% глинистов, проведем анализ относительных показателей предела прочности при сжатии (рисунки 2-4), определяемых по сравнению с составами №17 (2 часа помола ОМД – №№5-9), №18 (3 часа помола – №№11-15) и №19 (4 часа помола – №№1-4,10). Установлена возможность повышения от 5 до 30% прочностных показателей исследуемых бетонов при сжатии, что свидетельствует о необходимости выявления оптимальных концентраций вводимых добавок и длительности помола. Из анализа рисунков 2-4 выявлены области, в которых находятся оптимальные уровни для каждого

To evaluate the effectiveness of different SINTEFLOW MEGA 52 and ESP800 complexes on the properties of fine-grained concrete containing 20% clay, we will analyze the relative indicators of compressive strength limits (figures 2-4). This analysis will compare the compositions numbered 17 (2 hours of grinding of OMA – N5-9), 18 (3 hours of grinding – N11-15), and 19 (4 hours of grinding – N1-4, 10) based on their compressive strength results. The possibility of increasing from 5 to 30% of the strength indices of the investigated concretes in compression has been established, which indicates the necessity of revealing the optimal concentrations of the introduced additives and grinding duration. From the analysis of Figures 2-4, the areas in which the optimum values are found for each varying factor are: grinding time of OMA 2÷3

варьируемого фактора: длительность помола ОМД 2÷3 часа; концентрация SINTEFLOW МЕГА 52 и ESP800, соответственно, 0,25% и 0,175; от массы МД.

Снижение содержания водоредуктора с 0,25 до 0,15% от массы МД приводит к уменьшению значений относительного предела прочности при сжатии от 1,14÷1,30 до 1,05÷1,22 отн. ед. Увеличение концентрации SINTEFLOW МЕГА 52 до 0,35% от массы МД характеризуется существенным сужением диапазона варьирования исследуемого прочностного показателя (от 1,17 до 1,23 отн. ед.). Отклонение концентрации ESP800 от уровня 0,175% от массы МД как в сторону меньших (0,1%), так и больших (0,25%) значений приводит к уменьшению относительного предела прочности при сжатии, соответственно, до 1,05÷1,18 и 1,08÷1,23 отн. ед. по сравнению с 1,19÷1,30 отн. ед.

hours; concentration of SINTEFLOW MEGA 52 and ESP800, respectively 0.25% and 0.175% by mass of MA.

The reduction of the content of water-reducing agent from 0.25% to 0.15% by the mass of mineral additives leads to a decrease in the values of the relative compressive strength limit from 1.14-1.30 to 1.05-1.22 relative units. Increasing the concentration of SINTEFLOW MEGA 52 up to 0.35% of MA mass is characterized by a significant narrowing of the range of variation of the studied strength index (from 1.17 to 1.23 relative units). The deviation of ESP800 concentration from the level of 0.175% by mass of MA, both towards lower (0.1%) and higher (0.25%) values, leads to a reduction in the relative compressive strength limit, respectively, to 1.05-1.18 and 1.08-1.23 relative units compared to 1.19-1.30 relative units at the baseline level. This indicates that maintaining the concentration within a specific range is crucial for optimal material performance.

РИСУНОК 2

ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОМОЛА ОМД ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ SINTEFLOW МЕГА 52

(составы 17-19)

(выносками обозначены концентрации ESP800, % от массы МД)

Figure 2

Compressive strength of modified fine-grained concrete as a function of OMA grinding duration at different concentrations of SINTEFLOW MEGA 52

(compositions 17-19)

(callouts indicate concentrations of ESP800, % by mass of MA)

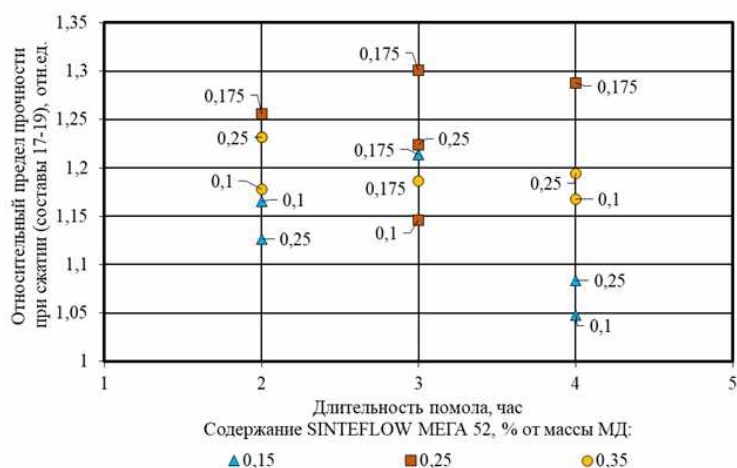


РИСУНОК 3

ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ SINTEFLOW МЕГА 52 ДЛЯ ОМД ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОМОЛА

(составы 17-19)

(выносками обозначены концентрации ESP800, % от массы МД)

Figure 3

Compressive strength of modified fine-grained concrete depending on the concentration of SINTEFLOW MEGA 52 for OMA at different grinding durations

(compositions 17-19)

(callouts indicate concentrations of ESP800, % by mass of MA)

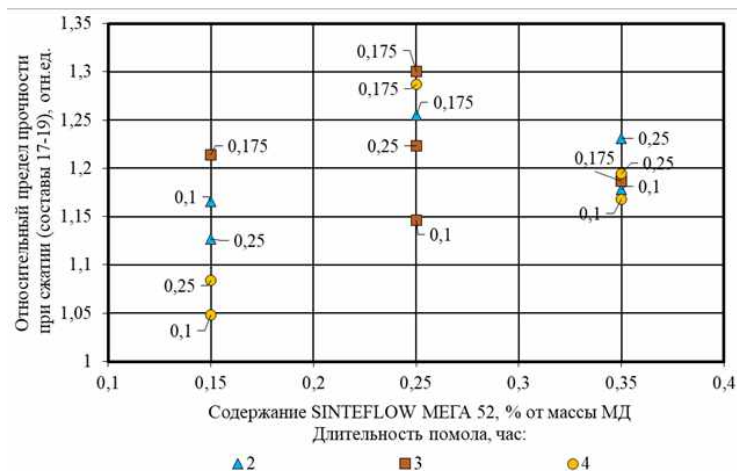


РИСУНОК 4

ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ESP800 ДЛЯ ОМД ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОМОЛА

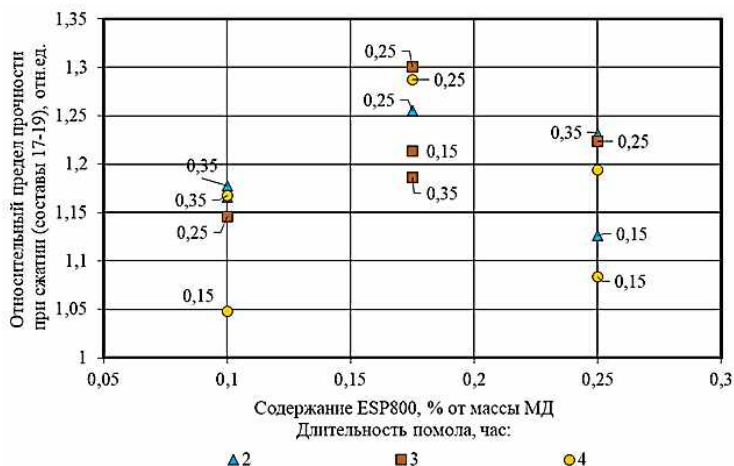
(составы 17-19)
(выносками обозначены концентрации SINTEFLOW МЕГА 52)

Figure 4

Compressive strength of modified fine-grained concrete depending on the concentration of ESP800 for OMA at different grinding durations

(compositions 17-19)
(callouts indicate concentrations of SINTEFLOW МЕГА 52)

Эффективность введения химических добавок в состав ОМД при оценке изменения модуля упругости при сжатии достигает 40%, причем наиболее выраженный прирост показателей наблюдается при концентрации ESP800 0,175% от массы МД (рисунок 5). При концентрациях интенсификатора помола 0,1 и 0,25% максимальный уровень относительного модуля упругости снижается до 1,18 и 1,22 отн. ед.



The effectiveness of introducing chemical additives into the composition of OMA in assessing the change in compressive modulus reaches 40%, with the most pronounced increase observed at a concentration of 0.175% ESP800 by mass of OMA (figure 5). At concentrations of grinding intensifier of 0.1% and 0.25%, the maximum level of the relative modulus of elasticity decreases to 1.18 and 1.22 relative units, respectively.

РИСУНОК 5

Модуль упругости при сжатии модифицированных мелкозернистых бетонов в зависимости от длительности помола ОМД при различных концентрациях ESP800

(составы 17-19)
(выносками обозначены концентрации SINTEFLOW МЕГА 52, % от массы МД)

Figure 5

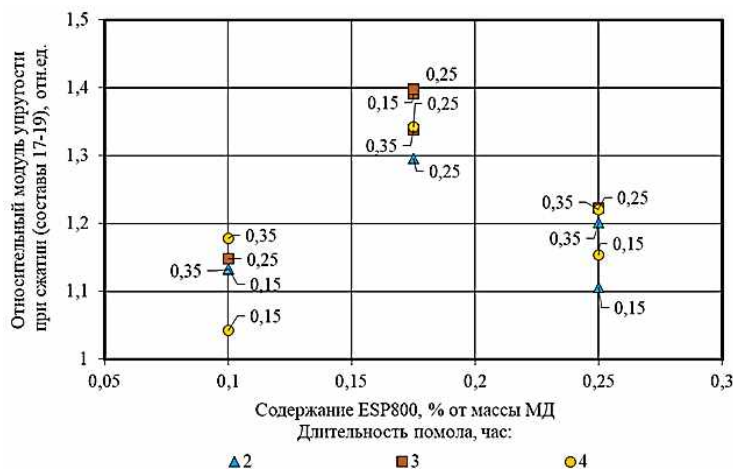
Modulus of elasticity in compression of modified fine-grained concrete as a function of OMA grinding duration at different concentrations of ESP800

(compositions 17-19)
(callouts indicate concentrations of SINTEFLOW МЕГА 52, % by mass of MA)

Из анализа изменения предела прочности на растяжение при изгибе (рисунок 6) также видно снижение показателя при повышении длительности помола до 4 часов. Наиболее высоким комплексом свойств также характеризуются цементные бетоны с содержанием SINTEFLOW МЕГА 52 0,25% и ESP800 0,175%. При этом наименьшая эффективность от вышеуказанных добавок наблюдается (рисунок 7) при длительности помола ОМД 2 часа.

Основные выводы

По результатам проведенных экспериментальных исследований выявлены комплексы ОМД, использование которых в составах мелкозернистых цементных бетонов позволяет получать композиты с прочностными



From the analysis of the change in flexural tensile strength (Figure 6), we can also see a decrease in the index when the grinding duration is increased to 4 hours. The highest complex of properties is also characterized by cement concrete containing SINTEFLOW МЕГА 52 0.25% and ESP800 0.175%. At the same time, the lowest efficiency of the above additives is observed (Figure 7) at OMA grinding duration of 2 hours.

Conclusions

According to the results of experimental studies, OMA complexes have been identified, the use of which in fine-grained cement concrete compositions allows for the production of composites with strength characteristics that are comparable to those of concrete without additives. The most

показателями, не уступающими бездобавочному бетону. Наиболее оптимальные комплексы получены при концентрациях SINTEFLOW МЕГА 52 0,25% и ESP800 0,175% от массы МД. Разработанные составы мелкозернистых бетонов позволяют снижать до 20% расход цемента при обеспечении комплекса упруго-прочностных характеристик на уровне бездобавочных бетонов.

optimal complexes were obtained at concentrations of 0.25% SINTEFLOW MEGA 52 and 0.175% ESP800 by mass of the mineral additive. The developed compositions of fine-grained concrete allow for a reduction in cement consumption of up to 20% while providing a combination of elastic and strength characteristics comparable to those of concrete without additives.

РИСУНОК 6

ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ НА РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОМОЛА ОМД ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ SINTEFLOW МЕГА 52

(составы 17-19)

(выносками обозначены концентрации ESP800, % от массы МД)

Figure 6

Flexural tensile strength of modified fine-grained concrete as a function of OMA grinding duration at different concentrations of SINTEFLOW MEGA 52

(compositions 17-19)

(callouts indicate concentrations of ESP800, % by mass of MA)

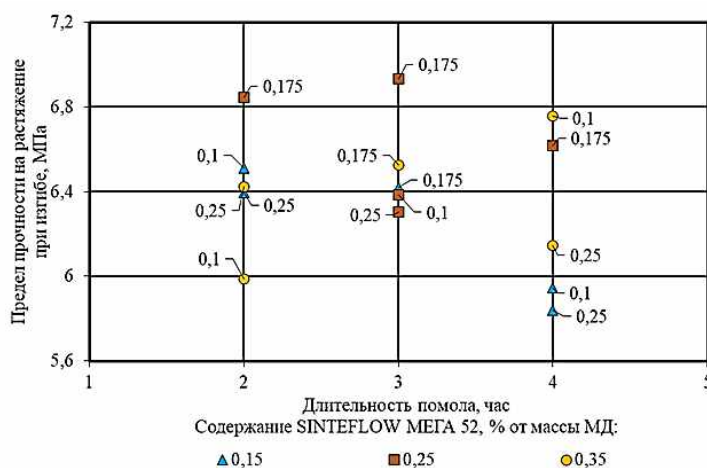


РИСУНОК 7

ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ НА РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОМОЛА ОМД ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ SINTEFLOW МЕГА 52

(составы 17-19)

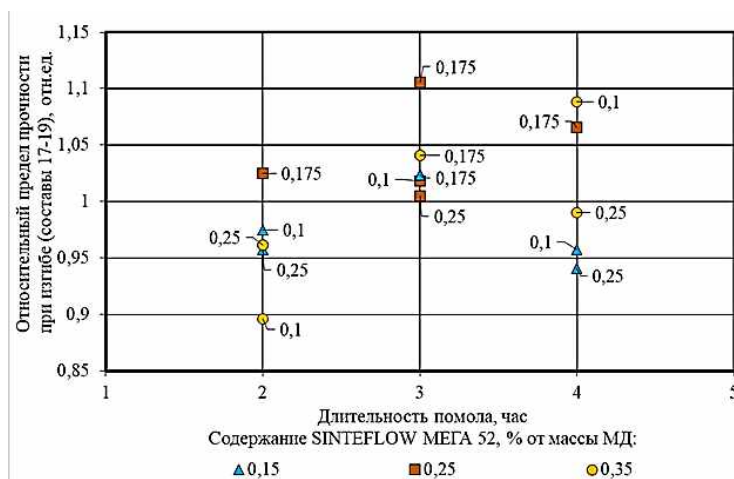
(выносками обозначены концентрации ESP800, % от массы МД)

Figure 7

Change in the relative tensile strength limit during bending of modified fine-grained concretes depending on the grinding duration of OMA, obtained at various concentrations of SINTEFLOW MEGA 52

(compositions 17-19)

(callouts indicate concentrations of ESP800, % by mass of MA)



Литература:

- Ушеров-Маршак А.В. Бетоны нового поколения – бетоны с добавками / А.В. Ушеров-Маршак // Бетон и железобетон. Оборудование. Материалы. Технологии. – 2011. – № 1. – С. 78-81.
- Самченко С.В. Влияние содержания комплексных добавок на деформационные характеристики цемента / С.В. Самченко, Д.А. Зорин, Н.З.Т. Лам, Т.В. Лам // Строительство: наука и образование. – 2023. – Т. 13. – Вып. 1. – Ст. 10. DOI: 10.22227/2305-5502.2023.1.10

References:

- Usherov-Marshak A.V. Betony novogo pokoleniya – betony s dobavkami. Concrete of a new generation – concrete with additives / A.V. Usherov-Marshak // *Beton i zhelezobeton. Oborudovaniye. Materialy. Tekhnologii. Concrete and reinforced concrete. Equipment. Materials. Technologies.* – 2011. – No. 1. – P. 78-81.
- Samchenko S.V. Vliyaniye soderzhaniya kompleksnykh dobavok na deformatsionnyye kharakteristiki tsementa. Influence of the content of complex additives on the deformation characteristics of cement / S.V. Samchenko, D.A. Zorin, N.Z.T. Lam, T.V. Lam // *Stroitel'stvo: nauka i obrazovaniye. Construction: science and education.* – 2023. – Vol. 13. – No. 1. – Article 10. DOI: 10.22227/2305-5502.2023.1.10

3. Тараканов О.В. Расширение базы минеральных и комплексных добавок для бетона с использованием вторичного сырья / О.В. Тараканов, Е.А. Белякова // Полимеры в строительстве: научный интернет-журнал. – 2022. – № 1. – С. 62-68.
4. Калашников В.И. О применении комплексных добавок в бетонах нового поколения / В.И. Калашников, О.В. Тараканов // Строительные материалы. – 2017. – № 1-2. – С. 62-67.
5. Низина Т.А. Влияние комплексных модификаторов на основе поликарбоксилатного суперпластификатора и минеральных добавок различного состава на технологические и физико-механические свойства цементных систем / Т.А. Низина, А.С. Балыков, Д.И. Коровкин, С.В. Володин, В.В. Володин // Региональная архитектура и строительство. – 2022. – № 1(50). – С. 28-36.
6. Тараканов О.В. Эффективность применения комплексных органоминеральных добавок в технологии бетонов / О.В. Тараканов, В.И. Калашников, В.М. Журавлёв // Композиционные строительные материалы. Теория и практика. – 2016. – С. 88-94
7. Манкевич В.А. Исследование влияния активных минеральных добавок на процессы формирования состава и структуры продуктов гидратации цемента / В.А. Манкевич, А.Т. Волочко, А.А. Мечай, Е.И. Барановская // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: сборник научных трудов. В 3 кн. Кн. 1. Материаловедение. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2023. – С. 198-205.
8. Низина Т.А. Оценка физико-химической эффективности минеральных добавок различного состава в цементных системах / Т.А. Низина, А.С. Балыков, Д.И. Коровкин, В.В. Володин, С.В. Володин // Эксперт: теория и практика. – 2021. – № 5(14). – С. 41-47.
9. Schulze S.E. Optimization of cements with calcined clays as supplementary cementations materials / S.E. Schulze, R. Pierkes, J. Rickert // Proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement. Beijing, China. – 2015. – 693 p.
10. Castello L.R. Evolution of calcined clays soils as supplementary cementitious materials / L.R. Castello, H.J.F. Hernandez, K.L. Scrivener, M. Antonic // Proceedings of a XII International Congress of the chemistry of cement. Instituto de Ciencias de la Construction «Eduardo torroja». – Madrid. – 2011. – P. 117.
11. Шульце С.Е. Свойства цементов с прокалёнными глинами в качестве основного компонента / С.Е. Шульце, Й. Рикерт // Цемент и его применение. – 2016. – №1. – С. 152-156.
12. Скибстед Й. Термическая активация и пуццолановая активность кальцинированных глин для использования в порландцементных добавках / Й. Скибстед, К.Е. Расмуссен, Н. Гарг // Цемент и его применение. – 2016. – №1. – С. 144-151.
13. Rakhimov R.Z. Properties of Portland cement paste incorporated with loamy clay / R.Z. Rakhimov, N.R. Rakhimova, A.R. Gaifullin, V.P. Morozov // Geosystem Engineering. – 2017. – Т. 20. – №6. – С. 318-325.
14. Гайфулин А.Р. Влияние добавок глинистых портландцемент на прочность при сжатии цементного камня / А.Р. Гайфулин, Р.З. Рахимов, Н.Р. Рахимова // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – № 7 (59). – С. 66-73.
15. Fernandez R. The origin of the pozzolanic activity of calcined clay minerals: A comparison between kaolinite, illite and montmorillonite / R. Fernandez, F. Martizena, K.L. Scrivener // Cement and Concrete Reserch. – 2011. – № 41. – P. 113-122.
16. Низина Т.А. Влияние термоактивированных глин и карбонатных пород на фазовый состав и свойства модифицированного цементного камня / Т.А. Низина, А.С. Балыков, В.В. Володин, В.М. Кяшкин, А.А. Ерофеева // 3. Tarakanov O.V. Rasshireniye bazy mineral'nykh i kompleksnykh dobavok dlya betona s ispol'zovaniyem vtorichnogo syr'ya. Expanding the base of mineral and complex additives for concrete using secondary raw materials / O.V. Tarakanov, E.A. Belyakova // Polimery v stroitel'stve: nauchnyy internet-zhurnal. Polymers in construction: scientific online journal. – 2022. – No. 1. – P. 62-68.
4. Kalashnikov V.I. O primeneni kompleksnykh dobavok v betonakh novogo pokoleniya. On the use of complex additives in new generation concretes / V.I. Kalashnikov, O.V. Tarakanov // Stroitel'nyye materialy. – 2017. – No. 1-2. – P. 62-67.
5. Nizina T.A. Vliyaniye kompleksnykh modifikatorov na osnove polikarboksilatnogo superplastifikatora i mineral'nykh dobavok razlichnogo sostava na tekhnologicheskiye i fiziko-mekhanicheskiye svoystva tsementnykh sistem. Influence of complex modifiers based on polycarboxylate superplasticizer and mineral additives of various compositions on the technological and physical-mechanical properties of cement systems / T.A. Nizina, A.S. Balykov, D.I. Korovkin, S.V. Volodin, V.V. Volodin // Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo. Regional architecture and construction. – 2022. – No. 1 (50). – P. 28-36.
6. Tarakanov O.V. Effektivnost' primeneniya kompleksnykh organo-mineral'nykh dobavok v tekhnologii betonov. Efficiency of application of complex organo-mineral additives in concrete technology / O.V. Tarakanov, V.I. Kalashnikov, V.M. Zhuravlev // Kompozitsionnyye stroitel'nyye materialy. Teoriya i praktika. Composite building materials. Theory and practice. – 2016. – P. 88-94
7. Mankevich V.A. Issledovaniye vliyaniya aktivnykh mineral'nykh dobavok na protsessy formirovaniya sostava i struktury produktov gidratatsii tsementa. Study of the influence of active mineral additives on the processes of formation of the composition and structure of cement hydration products / V.A. Mankevich, A.T. Volochko, A.A. Mechay, E.I. Baranovskaya // Sovremennyye metody i tekhnologii sozdaniya i obrabotki materialov: sbornik nauchnykh trudov. V 3 kn. Kn. 1. Materialovedeniye. Modern methods and technologies for the creation and processing of materials: collection of scientific papers. In 3 books. Book 1. Materials Science. – Minsk: Physical-Technical Institute of the NAS of Belarus, 2023. – P. 198-205.
8. Nizina T.A. Otsenka fiziko-khimicheskoy effektivnosti mineral'nykh dobavok razlichnogo sostava v tsementnykh sistemakh. Evaluation of the physicochemical efficiency of mineral additives of various compositions in cement systems / T.A. Nizina, A.S. Balykov, D.I. Korovkin, V.V. Volodin, S.V. Volodin // Ekspert: teoriya i praktika. Expert: theory and practice. – 2021. – No. 5 (14). – P. 41-47.
9. Schulze S.E. Optimization of cements with calcined clays as supplementary cementations materials / S.E. Schulze, R. Pierkes, J. Rickert // Proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement. Beijing, China. – 2015. – 693 p.
10. Castello L.R. Evolution of calcined clays soils as supplementary cementitious materials / L.R. Castello, H.J.F. Hernandez, K.L. Scrivener, M. Antonic // Proceedings of a XII International Congress of the chemistry of cement. Instituto de Ciencias de la Construction «Eduardo torroja». – Madrid. – 2011. – P. 117.
11. Schulze S.E. Svoystva tsementov s prokalonnymi glinami v kachestve osnovnogo komponenta. Properties of cements with calcined clays as the main component / S.E. Schulze, J. Rickert // Tsement i yego primeneniye. Cement and its application. – 2016. – No. 1. – P. 152-156.
12. Skibsted J. Termicheskaya aktivatsiya i putstolanovaya aktivnost' kal'tsinirovannykh glin dlya ispol'zovaniya v portlandtsementakh s dobavkami. Thermal activation and pozzolanic activity of calcined clays for use in blended Portland cements / J. Skibsted, K.E. Rasmussen, N. Garg // Tsement i yego primeneniye. Cement and its applications. – 2016. – No. 1. – P. 144-151.
13. Rakhimov R.Z. Properties of Portland cement paste incorporated with loamy clay / R.Z. Rakhimov, N.R. Rakhimova, A.R. Gaifullin, V.P. Morozov // Geosystem Engineering. – 2017. – Vol. 20. – №6. – P. 318-325.
14. Gaifulin A.R. Vliyaniye dobavok glinitov v portlandtsement na prochnost' pri szhatii tsementnogo kamnya. Effect of clay additives to Portland cement on the compressive strength of cement stone / A.R. Gaifulin, R.Z. Rakhimov, N.R. Rakhimova // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. Magazine of Civil Engineering. – 2015. – No. 7 (59). – P. 66-73.
15. Fernandez R. The origin of the pozzolanic activity of calcined clay minerals: A comparison between kaolinite, illite and montmorillonite / R. Fernandez, F. Martizena, K.L. Scrivener // Cement and Concrete Reserch. – 2011. – № 41. – P. 113-122.
16. Nizina T.A. Vliyaniye termoaktivirovannykh glin i karbonatnykh porod na fazovyy sostav i svoystva modifitsirovannogo tsementnogo kamnya. Influence of thermally activated clays and carbonate rocks on the phase composition and properties of modified cement stone / T.A. Nizina, A.S. Balykov, V.V. Volodin, V.M. Kyashkin, A.A. Erofeeva // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo. News of higher educational institutions. Construction. – 2019. – No. 8 (728). – P. 45-55.

Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2019. – № 8(728). – С. 45-55.

17. Рахимова Н.Р. Влияние содержания добавок термоактивированной глины на свойства и состав продуктов твердения композиционного шлакощелочного вяжущего с низким содержанием щелочного активатора / Н.Р. Рахимова, Р.З. Рахимов // Известия КГАСУ. – 2021. – №2. – С. 50-59.

18. Ермилова Е.Ю. Термически-активированная глина как альтернативная замена метакАОлина в композиционных портландцементях / Е.Ю. Ермилова, З.А. Камалова, Р.З. Рахимов, О.В. Стоянов, С.А. Савинков // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18. – №4. – С. 175-178.

19. Бастрыгина С.В. Влияние добавок термоактивированных глин на прочность и структурообразование цементного камня / С.В. Бастрыгина // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. – 2023. – Т. 14. – № 4. – С. 145-150. doi:10.37614/2949-1215.2023.14.4.025.

17. Rakhimova N.R. Vliyaniye sodержaniya dobavok termoaktivirovannoy gliny na svoystva i sostav produktov tverdeniya kompozitsionnogo shlakoshchelochnogo vyazhushchego s nizkim sodержaniyem shchelochnogo aktivatora. Effect of thermally activated clay additives on the properties and composition of hardening products of composite slagalkali binder with a low content of alkali activator / N.R. Rakhimova, R.Z. Rakhimov // Izvestiya KGASU. Izvestia of KGASU. – 2021. – No. 2. – P. 50-59.

18. Ermilova E.Y. Termicheski-aktivirovannaya glina kak al'ternativnaya zameneta metakaolina v kompozitsionnykh portlandtsementakh. Thermally activated clay as an alternative replacement for metakaolin in composite portland cements / E.Y. Ermilova, Z.A. Kamalova, R.Z. Rakhimov, O.V. Stoyanov, S.A. Savinkov // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. Bulletin of the Technological University. – 2015. – Vol. 18. – No. 4. – P. 175-178.

19. Bastrygina S.V. Vliyaniye dobavok termoaktivirovannykh glin na prochnost' i strukturoobrazovaniye tsementnogo kamnya. Effect of thermally activated clay additives on the strength and structure formation of cement stone / S.V. Bastrygina // Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN. Seriya: Tekhnicheskiye nauki. Transactions of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences. Series: Technical sciences. – 2023. – Vol. 14. – No. 4. – P. 145-150. doi:10.37614/2949-1215.2023.14.4.025

Низина Татьяна Анатольевна – доктор технических наук, профессор, директор института архитектуры и строительства ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
E-mail: nizinata@yandex.ru

Володин Владимир Владимирович – кандидат технических наук, заведующий научно-исследовательской дорожной лабораторией ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
E-mail: volodinvv1994@gmail.com

Матякубов Хасан – аспирант кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
E-mail: abakan_94h@mail.ru

Матякубов Хусаин – аспирант кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»
E-mail: husin_518@mail.ru

Вклад авторов: Низина Т.А. – идея, научное руководство, научное редактирование статьи; Володин В.В. – разработка методик, обработка материала, написание статьи; Матякубов Ха и Матякубов Ху – проведение экспериментов, обработка материала, написание статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Nizina Tatiana Anatolyevna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Institute of Architecture and Construction, National Research Ogarev Mordovia State University
E-mail: nizinata@yandex.ru

Volodin Vladimir Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Head of the Road Research Laboratory, National Research Ogarev Mordovia State University
E-mail: volodinvv1994@gmail.com

Matyakubov Hasan – postgraduate student of the Department of Building Structures, National Research Ogarev Mordovia State University, E-mail: abakan_94h@mail.ru

Matyakubov Khusain – postgraduate student of the Department of Building Structures, National Research Ogarev Mordovia State University, E-mail: husin_518@mail.ru

Contribution of the author: Nizina T.A. – idea, scientific guidance, scientific editing of the article; Volodin V.V. – development of methods, processing of material, writing the article; Matyakubov Ha and Matyakubov Hu – conducting experiments, processing of material, writing the article.

The authors declare that there is no conflict of interest.